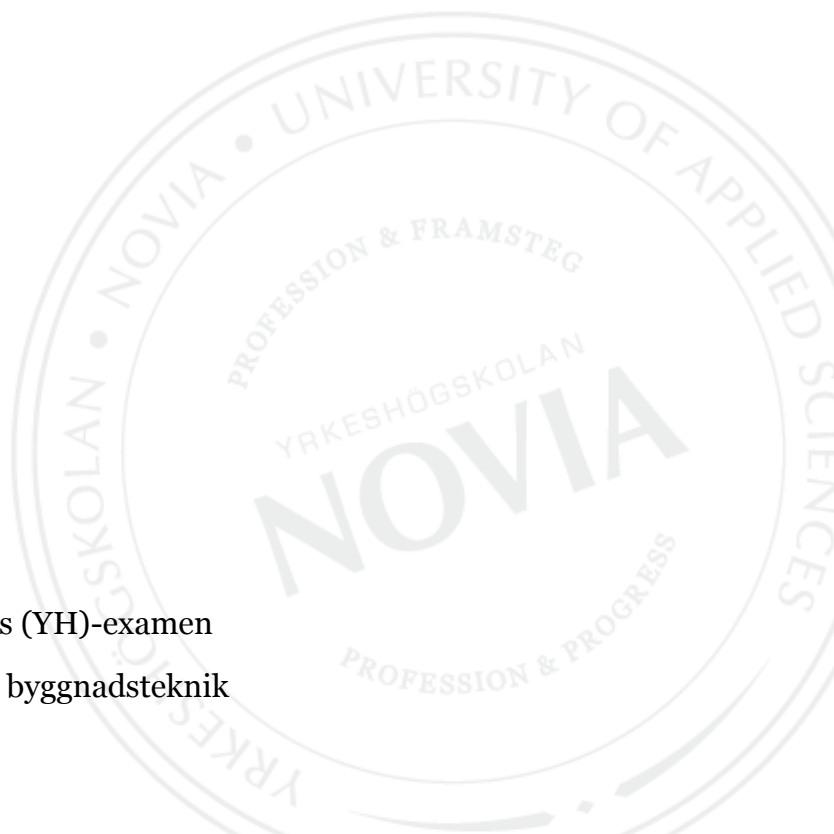


# **Ibruktagande av maskinstyrning och 3D-modellering i jordbyggnadsarbete**

**Ab L.Simons Transport Oy**

Markus Böling

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen  
Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik  
Vasa 2015



## EXAMENSARBETE

Författare: Markus Böling  
Utbildningsprogram och ort: Byggnadsteknik Vasa  
Inriktningsalternativ: Samhällsteknik  
Handledare: Tom Lipkin

**Titel: Ibruktagande av maskinstyrning och 3D-modellering i jordbyggnadsarbete  
— L.Simons Transports Ab**

---

**Datum** 18.4.2015      **Sidantal** 15      **Bilagor** 6

---

### Abstrakt

Detta arbete är utfört åt Ab L.Simons Transport Oy i Närpes. Företaget är verksamt inom transport- och jordbyggnadsbranschen, där jordbyggnadssidan står för omkring 70 % av omsättningen.

Idén till arbetet växte fram i samband med att företaget år 2014 köpte en grävmaskin av modell Cat 324E utrustad med Trimbles maskinstyrningssystem.

Arbetets syfte var att uppföra rutiner för hur systemet ska användas samt att implementera nya dataprogram för att optimera användningen. En stor del av arbetet var att lära sig Trimble Business Center HCE, vilket är Trimbles program för att behandla ritningar och mätdata.

Resultatet är en fungerande verksamhet där systemet används dagligen. Detta ger en effektivisering av maskinens arbetstid och höjer samtidigt kvaliteten genom att kontinuerlig mätning utförs automatiskt. Även slutdokumenteringen av utförda arbeten har förbättrats tack vare att maskinföraren själv regelbundet kan mäta in utförda arbeten och skicka data till kontoret.

---

**Språk:** svenska      **Nyckelord:** Trimble, maskinstyrning, 3D, grävmaskin

---

## **OPINNÄYTETYÖ**

**Tekijä:** Markus Böling

**Koulutusohjelma ja paikkakunta:** Rakennustekniikka, Vaasa

**Suunatutumisvaihtoehto:** Yhteiskuntatekniikka

**Ohjaajat:** Tom Lipkin

**Nimike:** *Koneenohjauksen ja 3D-mallinnuksen käyttöönotto maanrakennustyössä – L.Simons Transports Ab*

---

**Päivämäärä** 18.4.2015    **Sivumäärä** 15    **Liitteet** 6

---

### **Tiivistelmä**

Tämä työ on suoritettu Ab L.Simons Transport Oy:lle Närpiössä. Yhtiö toimii kuljetus- ja maanrakennusalalla, jossa maarakennuksen osuus on noin 70 % liikevaihdosta.

Idea työhön syntyi yhdessä yrityksen kanssa vuonna 2014 kun yritys osti kaivinkoneen mallia Cat 324E varustettuna Trimble-koneohjausjärjestelmällä.

Työn tavoitteena oli suunnitella menettelytapoja siihen, miten järjestelmää käytetään ja toteuttaa uusia ohjelmistoja käytön optimoimiseksi. Suuri osa työstä oppia käyttämään Trimble Buissness Center – HCE -ohjelmaa, joka on Trimblen oma ohjelma piirrustuksien ja tietojen käsittelyä varten.

Tuloksena on toimiva toiminta, jossa järjestelmää käytetään päivittäin. Tämä tehostaa koneen työaikaa ja lisää myös työn laatua, kun mittaus suoritetaan automaattisesti. Myös lopullinen dokumentointi töistä on parantunut sen ansiosta, että koneenkäyttäjä itse säännöllisesti kartoittaa työt ja lähettää tietoja toimistoon.

---

**Kieli:** ruotsi

**Avainsanat:** Trimble, koneohjausjärjestelmä, 3D, kaivinkone

---

## **BACHELOR'S THESIS**

**Author:** Markus Böling  
**Degree Programme:** Construction Technology, Vasa  
**Specialization:** Civil engineering  
**Supervisors:** Tom Lipkin

**Title:** *Implementation of machine control system and 3D modeling in civil construction work – L.Simons Transports Ab*

---

**Date** 18.4.2015      **Number of pages** 15      **Appendices** 6

---

### **Summary**

This work is done on behalf of Ab L.Simons Transport Oy in Narpes. The company is engaged in the transportation and civil engineering industry, where the earth works section accounts for about 70% of sales.

The aim idea for the work emerged when the company in 2014 bought an excavator model Cat 324E equipped with Trimble machine control systems.

Aim of the work was to devise for procedures on how to use the system and to implement new software to optimize the use. A large part of this work was to learn Trimble Business Center HCE, which is Trimble's own program for handling drawings and data.

The result is a functioning business where the system is used daily. This provides more efficient machine working hours and also increases the quality as continuous measurements are performed automatically. Also the final documentation of the work carried out has been improved thanks to the fact that the machine operator himself can take in data of the work and send the data to the office.

---

**Language:** Swedish      **Key words:** Trimble, machine control systems, 3D, excavator

---

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning.....</b>	<b>1</b>
1.1 Uppdragsgivare .....	1
1.2 Bakgrund.....	1
1.3 Målsättning.....	2
1.4 Metodval.....	2
<b>2 Allmänt .....</b>	<b>2</b>
2.1 Fördelar .....	3
2.2 Nackdelar .....	3
2.3 Olika typer av maskinstyrning .....	3
<b>3 Process .....</b>	<b>4</b>
3.1 Installation och ibruktagande.....	4
3.2 Hantering av ritningar och mätdata .....	5
<b>4 Maskinstyrningens uppbyggnad .....</b>	<b>6</b>
<b>5 Olika mätreferenser .....</b>	<b>6</b>
5.1 Koordinatsystem.....	7
5.1.1 KKS.....	7
5.1.2 ETRS-TM35FIN.....	8
5.1.3 ETRS-GKn .....	8
5.2 Höjdsystem.....	9
5.2.1 N60.....	9
5.2.2 N2000.....	9
5.2.3 N2005.....	10
<b>6 Databehandling.....</b>	<b>10</b>
6.1 Trimble Business Center - HCE .....	10
6.2 Trimble connected community .....	11
6.3 Vision link.....	11
6.4 Google earth.....	12
<b>7 Problem och lösningar.....</b>	<b>12</b>
<b>8 Diskussion .....</b>	<b>13</b>
8.1 Utvärdering.....	13
8.2 Utveckling.....	14
<b>Källförteckning.....</b>	<b>15</b>

## **Bilagor**

Bilaga 1	Företagets kommentar
Bilaga 2	Skärmdumpar ur BC-HCE
Bilaga 3	Exempel på mätdata ur maskin
Bilaga 4	Google earth skärmdump
Bilaga 5	Volymrapport
Bilaga 6	Ytrapport

## Begreppsförklaring

<b>BC-HCE</b>	Business Center – Heavy Civil Edition är Trimbles mjukvara för behandling av mätdata och att bygga 3D-modeller för maskiner.
<b>GPS/GNSS</b>	<p>GPS står för Global Position System och är det amerikanska försvarsdepartementet positioneringssystem och består i dagsläget av 27 satelliter.</p> <p>GNSS står för Global Navigation Satellite System och är ett system som kombinerar det amerikanska GPS-systemet med ryska GLONASS. I samband med detta begrepp brukar även det europeiska GALILEO nämnas trots att det fortfarande är under utveckling.</p>
<b>VRS</b>	VRS drivs av geotrim trimnet och är ett nät med över 100 GNSS basstationer. Genom att ständigt kontrollera satelliternas plats mot kända basstationer kan VRS-tjänsten skicka ut en korrigeringsvariabel åt sina abonnenter för att förbättra noggrannheten vid mätningar.
<b>GCS</b>	Grade Control System är Trimbles programvara åt kontrollboxar som monteras i maskiner.
<b>CB460</b>	Trimbles kontrollbox för maskinstyrning som monteras i maskinen.
<b>SGS</b>	Site Control System är Trimbles programvara åt handenheter för GPS-mätningar.
<b>TSC3</b>	Trimbles handenhet för GPS-mätning

# 1 Inledning

Maskinstyrning är jordbyggnadsbranchens senaste steg i vår informationssamhälle. All kommunikation skall ske snabbt och trådlöst. Arbetsplatserna ska på samma sätt som kontor bli papperslösa och traditionella ritningar ersätts med 3D-modeller.

Trimble tillverkar och utvecklar i stort sett alla typer av lösningar för maskinstyrning som finns tillgängliga idag. Styrning med hjälp av GPS och takymeter är de mest komplexa systemet och klarar av fullständiga 3D-modeller.

Syftet med detta examensarbete är att presentera processen med ibruktagandet av L.Simons Transports första maskin utrustad med Trimbles maskinstyrningssystem.

## 1.1 Uppdragsgivare

Ab L. Simons Transport Oy är ett familjeföretag i Närpes som grundades 1957. Vid start var firman enbart en transportfirma men under årens lopp har firman utvecklats från att ha börjat med grusförsäljning till att idag ha en skild jordbyggnadssida som omsätter cirka 3 000 000 € årligen.

Företaget sysselsätter omkring 20 personer inom jordbyggnadssidan och har i dagsläget sju egna grävare, fem grusbilar, en vibratorvält, en traktor samt småmaskiner. ([www.simonstransport.fi](http://www.simonstransport.fi))

## 1.2 Bakgrund

Idén till arbetet föddes i samband med att firman köpte en ny Cat 324 med Trimbles maskinstyrningssystem GCS900 med dubbla antenner och kontrollbox CB460. På kontoret införskaffades Trimble BC-HCE.

Idén är att enbart jobba med Trimble-lösningar och på det viset optimera utnyttjandegraden. Programmet Trimble Business Center – HCE används väldigt



sällan i Finland där det 3D-win är vanligast. Samma sak gäller i Sverige där programmet GEO är det vanligaste. Dock är Trimbles program på frammarsch i Sverige och det är i Sverige jag har hittat i princip all information och utbildning inom programmet.

### **1.3 Målsättning**

Målet med arbetet är att introducera Trimbles system i företaget, att bygga upp fungerande rutiner och att utveckla användningen. Detta skall ge en mer effektiv användning av maskiner och ett bättre slutresultat.

Firmans framtidsplaner är att utveckla användningen ännu mera genom att investera i maskinstyrning till fler maskiner och även handburna GPS/GNSS-enheter för utsättning och inmätningar.

### **1.4 Metodval**

Arbetet utfördes främst genom olika test med utrustningen. För att lära mig mer om Trimble BC-HCE deltog jag även på Sitech Swedens kurs i Umeå.

Det finns ingen egentlig litteratur om Trimble BC-HCE eller GCS900, endast korta guider som PDF. Den största källa om programmet har varit Sitechs Youtube kanal där olika scenarion och möjligheter i programmet går igenom steg för steg.

## **2 Allmänt**

Maskinstyrning är det allmänna begreppet för utrustning som hjälper maskinförare att veta var maskinen och dess arbetsredskap befinner sig. Maskinstyrningen sker med hjälp av laser, GPS/GNSS eller takymeter. Med dessa hjälpmedel kan föraren med hjälp av skärmar eller andra optiska indikatorer enkelt få information om var maskinen befinner sig i förhållande till den givna höjden eller positionen.

## **2.1 Fördelar**

Ibruktagande av maskinstyrning inom infrabranschen leder till flera fördelar. Genom att ha direktkontakt mellan kotor och maskiner kan ritningar uppdateras i maskinerna i realtid. Arbetsledare eller planerare har tillgång till enlogg som berättar var och när maskinen har utfört olika arbeten. Kvaliteten blir även högre när maskinisten vet exakt var han skall gräva eller fylla och inte är beroende av linjebockar eller höjdflaggor som lätt kan rubbas på arbetsplatsen.

## **2.2 Nackdelar**

Nackdelarna med maskinstyrning är få. En är dock att systemet kring maskinstyrning är komplext. Om exempelvis en sensor går sönder, kan det vara svårt och tidskrävande att lokalisera denna. Eftersom systemen är relativt ovanliga i Finland är även utbudet på skolning och support begränsat.

## **2.3 Olika typer av maskinstyrning**

Maskinstyrningssystem kan delas upp i två huvudgrupper, 2D-system och 3D-system. Med 2D-system syftar man på system som endast ger uppgifter om maskinens höjd i förhållande till en referenshöjd. Medan man med 3D-system får information om både maskinens höjd och maskinens läge i horisontell riktning.

Det vanligaste 2D-systemet fungerar med hjälp av laser. Genom att sätta upp en avvägningslaser på platsen får man en referenshöjd på projektet. Maskinen styrs genom att en lasermottagare ger maskinens kontrollbox information om vilken höjd maskinen befinner sig på. Genom att installera olika sensorer på maskinens rörliga delar kan även maskinens kontrollbox räkna ut höjden på till exempel en grävmaskins skopa trots att lasermottagaren är fäst på bommen. 2D-systemen har en bra noggrannhet, inom 1 cm. De ställer dock höga krav på en noggrann uppsättning av avvägningslasern.

3D-system styrs med hjälp av GPS eller takymeter. Mottagare som är monterade på maskinen tar emot information om maskinens läge både i vertikalt och horisontalt läge. På samma sätt som 2D-systemen ger olika sensorer sedan information om skopans läge i förhållande till mottagaren eller mottagarna. Takymetern ger den bästa noggrannheten, inom några millimeter. GPS-systemen har en noggrannhet på ungefär  $\pm 15\text{mm}$  i horisontalled och  $\pm 25\text{mm}$  i vertikalled. GPS-system är dock mycket beroende av yttre förhållanden, om träd och höga byggnader skymmer mottagningen och mottagarna för kontakt med färre satelliter försämras noggrannheten drastiskt. Under gynnsamma förhållanden har maskinen kontakt med ca 17 satelliter samtidigt.

### **3 Process**

Processen med att ta i bruk systemet har utförts samtidigt som maskinen har utfört de projekt som varit aktuella för firman. Det betyder att det inte alla gånger har varit helt optimala förhållanden för olika test. I vissa fall har arbetet har tagit mera tid i anspråk än vad det skulle ha gjort om man endast koncentrerat sig på att utveckla systemet med hjälp av olika fiktiva projekt.

#### **3.1 Installation och ibruktagande**

Maskinen levererades i augusti 2014. Den 26 oktober 2014 höll Johan Hall från Sitech Sweden och Kase Taimo från Sitech Finland en tvådagars introduktionskurs i Närpes. Första dagen var riktad till maskinförare och då gick man igenom det grundläggande inställningarna och funktionerna i CB 460 kontrollboxen. Under den andra dagen hölls en intensivkurs i grunderna till BC-HCE.

Under hösten utfördes olika test i mindre skala. Det främsta målet var att få länken mellan maskin och kontor att fungera samt att pröva olika koordinatsystem.

I oktober påbörjade firman ett arbete med skyddsvallar kring Lappfjärd å. Detta var det första större projektet där systemet användes. Idén var både att skapa 3D-

modeller för maskinföraren att jobba med, samt att ta emot uppgifter om hur vallarna i slutändan blev för att göra massaberäkningar och slutdokumenteringar.

### 3.2 Hantering av ritningar och mätdata

För att få olika modeller att fungera i maskinen krävs att två eller tre olika filer förs in i maskinens kontrollbox. Den första filen är en så kallad cal.-fil eller in cfg.-fil som innehåller det aktuella koordinatsystemet. Den andra är en svd.-fil som innehåller själva modellen som maskinen skall jobba med. Den tredje, svl.filen, innehåller en bakgrundskarta. Denna är inte obligatorisk men kan innehålla stömlinjer och olika punkter som gör att maskinföraren lättare kan navigera och få en helhetsbild av projektet.

I figur 1 syns den yta som maskinen skall skära, nere på skärmen i mitten syns skopans höjd enligt aktuellt höjdsystem och på sidorna hur mycket upp eller ner skopan skall i förhållande till ytan.

Figur 2 visar bakgrundskartan för projektet maskinen jobbar med, i detta fall modullinjer och plintar på ett husbygge. Prickarna runt om maskinen är punkter som föraren själv har mätt in. Dessa sparas med det namn föraren gett dem i en Excel-tabell som senare kan importeras till BC-HCE för vidare behandling. (Personlig kommunikation med Johan Hall, 2015)



Figur 1. CB460-skärning



Figur 2. CB460-arbetsområde

## 4 Maskinstyrningens uppbyggnad

Maskinstyrningssystemet som har använts i arbetet baserar sig på två GPS-mottagare som monterats på maskinen (figur 3). Dessa sitter så högt upp och så långt ifrån varandra som möjligt på maskinen motorrum. Genom att jämföra de båda mottagarnas position räknas maskinens riktning och lutning ut. Sensorerna, som sitter i alla leder på grävarens bom, räknar sedan ut förhållandet mellan maskinen och skopan.

Kontrollboxen CB460 (figur 4) klarar även av sensorer i skoptilten men dock inte rototilt. Detta betyder att skopan måste vara i rak position mot maskinen för att mätvärdena skall stämma. (Personlig kommunikation med Johan Hall, 2015)



Figur 3. GPS-mottagare på maskinen.



Figur 4. Kontrollbox CB 460 i mitten.

## 5 Olika mätreferenser

För att mäta var vi befinner oss i världen är hela jorden uppdelad i ett tredimensionellt koordinatsystem. Koordinatsystemets z-axel går från jordens mittpunkt rakt upp genom nordpolen, x-axeln går från jordens mittpunkt ut i ekvatorn genom Greenwich nollmeridian och y-axeln går vinkelrätt mot x-axeln ut genom ekvatorn. Systemet ger en väldigt exakt placering i rymden och jorden. Dock är det för komplicerat för att man på ett enkelt vis ska kunna räkna ut dem manuellt

till koordinater och höjder som vi är vana med, det vill säga longitud, latitud och meter över havet.

Att känna till systemet kan vara bra, eftersom det är med detta tredimensionella system som satellitmottagare arbetar med för att kunna omvandla informationen från satelliternas avstånd och position i förhållande till mottagaren till de koordinater och höjder vi är vana med. (Lantmäteriverket, u.å.)

## 5.1 Koordinatsystem

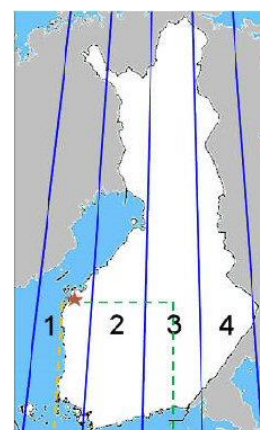
Koordinatsystem är rutnät som är uppbyggda för att vi skall veta var vi befinner oss. Med hjälp av att mäta avståndet från en bestämd plats i nord-sydlig riktning och i väst-östlig riktning kan man med hjälp av koordinatsystemen bestämma exakta positioner var som helst på jorden.

Detta system blir dock ganska inexact på grund av att jorden är rund. Därmed varierar avståndet mellan linjerna i nord-sydlig riktning. Detta problem undviker man genom att uppgöra lokala koordinatsystem för mindre områden.

I Finland används vanligen två koordinatsystem när man talar om maskinstyrning: KKS och ETRS-TM35FIN. Båda systemen bygger på att man har delat in landet i olika zoner. Man har delat in landet i nord-sydlig riktning och med hjälp av att arbeta med smalare områden har man kunnat höja noggrannheten.

### 5.1.1 KKS

KKS står för Kartverkskoordinatsystemet och utvecklades på 1960 talet med hjälp av Gauss-Krügers projektion. KKS är indelat i sex olika zoner, noll till sex, med en zonbredd på tre grader. Zonerna ett till fyra täcker nästan hela landet och är de som i huvudsak används (Figur 5). För att hålla de olika zonerna åtskilda även i gränsområdena har man lagt in en



**Figur 5. KKS-zoner**

differens på 1 000 000 m för de olika medelmeridianerna. I tabellen nedan syns de olika zonernas egenskaper. (Lantmäteriverket, u.å.)

Förkortning	Zonnummer	Medelmeridian	E-koordinatens värde vid medelmeridianen
KKS0	0	18°	500 000 m
KKS1	1	21°	1500 000 m
KKS2	2	24°	2500 000 m
KKS3	3	27°	3500 000 m
KKS4	4	30°	4500 000 m
KKS5	5	33°	5500 000 m

### 5.1.2 ETRS-TM35FIN

Systemet ETRS-TM35FIN bygger på Universal Transverse Mercator-projektionen (UTM) som är en världstäckande projektionsmetod. Finland ligger inom zonerna 34, 35 och 36

men man har valt att enbart använda zon 35 och utvidga denna österut och västerut. Detta koordinatsystem har dock för stora kast för att användas i samband med maskinstyrnings- och mätarbeten på grund av att zonen blir för bred. (Lantmäteriverket, u.å.)

### 5.1.3 ETRS-GKn

Systemet ETRS-GKn är i likhet med KKS en kartprojektion som är framtagen med hjälp av Gauss-Krügers projektion. ETRS-GKn är det mest exakta systemet att använda i samband med mätarbeten. Detta tack vare att det finns en zon per grad, vilket betyder att hela landet är uppdelat i 13 zoner, ETRS-GK19 till ETRS-GK31. Siffran i benämningen står för zonens medelmeridians gradtal och är även de första två siffrorna i y-koordinaten. (Lantmäteriverket, u.å.)

## 5.2 Höjdsystem

Höjdsystemen anger de bestämda 0-punkterna på det vertikala ledet. De ger sedan höjder i plus- och minushöjder angivna i meter. Nollhöjdernas utgångspunkt är havsytan vid normalt vattenstånd, men på grund av både landhöjning och en stigande havsvattennivå varierar nollhöjdernas läge mellan olika höjdsystem.

Det äldsta höjdsystemet är NN (normali nolla). Detta system grundar sig på den första precisionsavvägningen som utfördes mellan 1892 och 1910. Det täcker cirka halva Finland. Utgångspunkten finns i Helsingfors och som längs norrut sträcker det sig till Haparanda. 1935 påbörjades arbetet med den andra precisionsavvägningen och arbetet fortlöpte till och med 1975. (Geodetiska institutet, 2007)

### 5.2.1 N60

År 1935 påbörjades arbetet med den andra precisionsavvägningen och arbetet fortlöpte till och med år 1975. Liksom det gamla höjdsystemet är utgångspunkten i Helsingfors. Under arbetets gång bildades ett temporärt höjdsystem för södra Finland med namnet N43, det vill säga normalvattenståndet i Helsingfors år 1943. Detta system är fortfarande i användning av vissa kommuner i landet.

Det slutliga resultatet av den andra precisionsavvägningen blev det första rikstäckande enhetliga höjdsystemet. Nollhöjden justerades så att nollhöjden motsvarade normalvattenståndet i Helsingfors år 1960 och namnet på det nya systemet blev därmed N60. N60-systemet är fortfarande i användning i en stor del av Finlands kommuner. (Geodetiska institutet, 2007)

### 5.2.2 N2000

Den tredje precisionsavvägningen i Finland startade år 1978 och pågick fram till år 2004. Denna gång anpassade man systemet till havsytan med hjälp av mareografer som finns utplacerade vid kusten men också till våra grannländers höjdsystem.



Höjderna i N2000 skiljer sig mellan 13 och 43 cm jämfört med det tidigare systemet N60. Detta beror till största del på landhöjningen som har varierat i landet, störst är skillnaden i norra Kustösterbotten och minst i norra Lappland. (Geodetiska institutet, 2007)

### **5.2.3 N2005**

Det går inte att mäta höjder i N2000 direkt med hjälp av GPS. Detta beror på att höjderna är anpassade både till grannländernas höjdsystem och till havsytan utmed hela kusten och inte bara till en plats. Detta gör att höjden i N2000 inte är helt plan i hela landet.

För att ändå kunna mäta höjderna i N2000 med olika GPS-apparaturer går det att korrigera höjderna med den numeriska geoidmodellen N2005. Den korregerar höjderna till de korrekta höjderna i N2000 med en noggrannhet som är bättre än 5 cm i hela landet. (Geodetiska institutet, 2007)

## **6 Databehandling**

Maskinstyrning handlar om att föra in ritningar i maskinen och på ett enkelt sätt kunna välja vad man vill se. Projektering inom jordbyggnadsbranchen blir allt mer inriktad på 3D-modellering, men för att få ritningar och modeller till maskinen krävs dock alltid en viss behandling av datan först.

### **6.1 Trimble Business Center - HCE**

Trimble BC-HCE är ett Cad-baserat program som är speciellt inriktat på markbyggnad. I programmet kan man behandla inmätt data från maskin eller handenhet, skapa modeller och ta fram olika rapporter på ytor och massor. BC-HCE är gratis för vem som helst. Med hjälp av gratisversionen kan man utföra väldigt enkla

import- och exportkommandon, sätta ut punkter och mäta längder och höjder manuellt.

I samband med att grävmaskinen levererades till firman införskaffades också licensen "BC-HCE Data Prep.". Det är en mellanversion som ger användaren möjlighet att använda mer funktioner i Business Center. (Personlig kommunikation med Johan Hall, 2015)

## **6.2 Trimble connected community**

Trimble connected community, eller TCC är ett informationshanteringsverktyg på nätet. Som företag med licens till TCC kan man smidigt överföra filer till maskinens kontrollbox, hämta mätdata och uppdatera programvara i maskinen. Via TCC kan man även starta "remote assistant" vilket betyder att man från en dator inloggad på företagets TCC-sida med maskinförarens godkännande kan gå in i maskinens kontrollbox och till exempel ändra inställningar eller hjälpa föraren om han inte vet var han skall trycka och så vidare. TCC har även funktioner, eller gizmon för kalender och anteckningar. (myconnectedsite.com)

## **6.3 Vision link**

Vision link är Timbles platform för BIM-hantering. Man kan med hjälp av programmet följa med maskinernas arbete i real tid. Genom att ge olika maskiner olika arbetsorder som är kopplade till de modeller som maskinen jobbar med får man en exakt helhetsbild av hur arbetet framskrider.

Vision link har även funktioner som loggar maskinens alla rörelser. Detta kan vara bra till exempel vid ett muddraingsarbete, man kan välja att endast titta på de punkter när maskinen har varit som djupast och på så sätt få en 3D-yta av hur den muddrade botten ser ut. (Vision Link 2014)

## 6.4 Google earth

Bc-HCE har en inbyggd funktion som gör att punkter och linjer direkt kan föras in i Google earth. Denna funktion är mycket användbar för att se att projektet ligger rätt i det aktuella koordinatsystemet före modellen exporteras till maskinen. Oftast om man har fel på ett koordinatsystem är felet inte några centimeter utan många kilometer, därför syns de bra i google earth även om bakgrunden bara är ett satellitfoto.

Google earth-funktionen i BC-HCE är även användbar för utskrifter åt till exempel lastbilsförare som inte behöver exakta ritningar utan bara en grov skiss med vägkarta som bakgrund för att leverera material till rätt ställe på arbetsplatsen. (Personlig kommunikation med Johan Hall, 2015)

## 7 Problem och lösningar

De största problemen med ibruktagandet av maskinstyrningen har varit att få koordinat- och höjdsystemen att stämma med verkligheten. Om maskinen förflyttar sig utanför sitt arbetsområde, det vill säga det område som det finns bakgrundskartor på, tappar den även filen med koordinatsystemet som finns i samma mapp i maskinens kontrollbox. Detta gör att exempelvis inmätningar av rösen, ledningar eller dylikt som maskinföraren enkelt skulle kunna mäta in och dokumentera, inte är möjligt utanför arbetsområdet.

Ett problem med kontrollboxen i maskinen är att de endast klarar av att hantera sju siffriga koordinater. Detta innebär att den inte klarar av ETRS-GKn systemen som har åtta siffror i y-koordinaten. Detta avhjälpas med hjälp av ett specialkoordinatsystem utvecklat av Sitech i Finland, ETRS-GKn Lyhyt. Koordinatsystemet fungerar på exakt samma sätt som ETRS-GKn, men de första två siffrorna i y-koordinaten som står för vilken zon man befinner sig i har tagits bort.

## 8 Diskussion

Maskinstyrningssystem är ett verktyg som kommer att bli mer och mer allmänt och utvecklas hela tiden. Systemet ger maskinförare, planerare och arbetsledare ett helt nytt sätt att kommunicera, och steget från att ha ett fungerande maskinstyrningssystem till att börja med fullskalig infra-BIM system är väldigt litet.

### 8.1 Utvärdering

Maskinstyrningssystemen sparar mycket tid på arbetsplatserna. Jordbyggnadsarbeten kan i många fall vara väldigt svåra att märka ut för mättekniker på grund av lösa jordar, regn, stenar och tjäle som gör att märken för olika linjer och höjder lätt blir förstörda eller osäkra. Dessutom behöver ingen åka ut till arbetsplatsen för att märka ut olika ändringar, utan det räcker med att uppdatera modellen och informera föraren att uppmärksamma ändringen.

Kvaliteten på dokumenteringen av utfört arbete höjs också tack vare att maskinföraren enkelt kan mäta in till exempel en ledning innan schaktet fylls igen. Alternativet vore att mäta in den på ett ungefär efter att arbetet är utfört eller att en mättekniker skulle kallas till platsen medan arbetet pågår. Det skapar dock nästan alltid väntetider för antingen maskinen eller mätteknikern och utgör onödiga kostnader.

De negativa sidorna med att använda maskinstyrning är främst beroendet av teleanslutning och satellitmottagning. Problem uppstår lätt till exempel intill höga byggnader och i områden med höga träd där maskinen inte får kontakt med tillräckligt många satelliter för att kunna uppfylla tillräckligt bra noggrannhet. Med ett system helt uppbyggt på att all mätning sköts med hjälp av maskinen stannar allt arbete av om systemet inte fungerar som det ska.

En annan negativ sak med Trimble's GCS är att den är helt beroende av modeller och förbehandlad data för att projektet skall ha rätt koordinater. Det går att starta ett projekt enbart med hjälp av GCS med då används ett lokalt koordinatsystem som inte

har några referenser till något av de officiella koordinatsystemen. Detta problem har även framförts till Trimbles programutvecklare och borde inte vara omöjligt att få att fungera med tanke på att SCS-programmet klarar av att detta utan problem.

## 8.2 Utveckling

Ganska snart efter att maskinstyrningen togs i bruk stod det klart att en GPS-handenhet skulle underlätta arbetet avsevärt. Genom att på förhand kunna utföra olika mätningar på arbetsplatsen innan maskinen inleder sitt arbete kan man på förhand skapa olika bakgrundskartor och modeller åt maskinen. Dessutom kan olika inmätningar enkelt kompletteras med handenheten. Detta förkortar väntetider för maskinen som annars uppkom i samband med att maskinföraren själv mätt i punkter som skall användas till att skapa modeller.

Efter att arbetet med maskinstyrningen kommit igång köpte L.Simons Transport en Trimble TCS3 enhet med SCS-programvara som komplement till maskinstyrningen. TCS3:an var lätt att ta i användning tack vare att modeller och mätdata kan behandlas med Business Center på samma sätt som data ut maskinens GSC-program. Med hjälp av TCS3:an kan även en stor del av mättjänster som tidigare köpts från externa företag nu utföras i egen regi.

Nästa steg för firman är att installera maskinstyrning på flera maskiner och utveckla BIM-funktionerna som finns tillgängliga i Trimble Connected Community. Firman har även en vibratorvält som redan nu är utrustad med mätanordning för slagmotståndet. Med hjälp av en GPS-utrustning som komplement skulle även kvalitetskontrollen på detta kunna dokumenteras och följas upp i realtid.

## Källförteckning

Engfeldt, A. & Jivall, L. (2003) Så fungerar GNSS. (LMV-rapport 2003:10). Gävle.

Geodetiska institutet. 2007. *Det nationella höjdsystemet*. [online]

<http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/N2000.pdf> (hämtat: 13.4.2015)

Lantmäteriverket (u.å.) [online] <http://www.maanmittauslaitos.fi/sv>

(hämtat: 17.4.2015)

L.Simons Transport (u.å.) [online] <http://www.simonstransport.fi> (hämtat:

13.4.2015)

myconnectedsite.com (u.å.) [online]

<https://www.myconnectedsite.com/site/SIMONS/ConstructionSite/>

(hämtat: 12.4.2015)

Sitech sverige (u.å.) [online] <http://www.sitechsolutions.com/se/>

(hämtat:20.4)

Vision Link 2014 [online]

[http://construction.trimble.com/sites/construction.trimble.com/files/marketing\\_material/022482-2273G-12\\_VisionLink\\_BRO\\_0314\\_LR.pdf](http://construction.trimble.com/sites/construction.trimble.com/files/marketing_material/022482-2273G-12_VisionLink_BRO_0314_LR.pdf) (hämtat: 2.4.2015)

Utlåtande

17.04.2015

**IBRUKTAGANDE AV MASKINSTYRNING OCH 3D-MODELLERING I JORDBYGGNADSARBETEN****Utlåtande :**

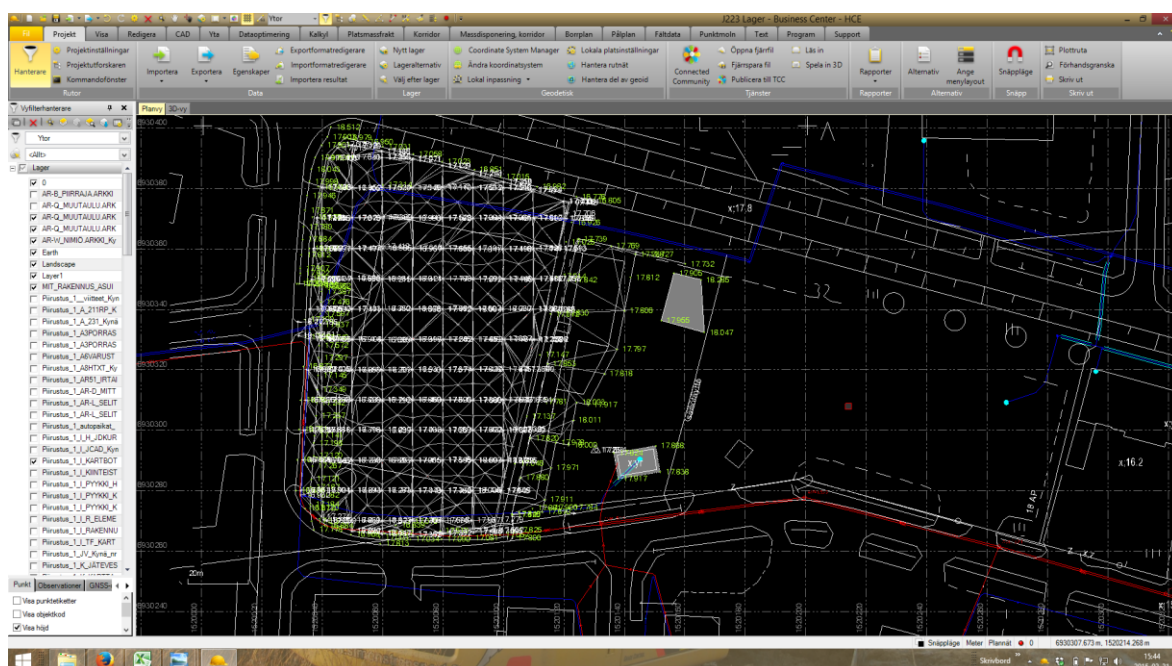
Markus Böling ( 200688-047Y ) har som examensarbete utfört åt oss implementering av maskinstyrningssystem samt modelleringsverktyg på vårt kontor i Närpes.

Efter avlagd examen kommer Markus att fortsätta att arbeta med motsvarande uppgifter i vårt företag. En investering i detta skede på ca 75.000 € har gjorts för anskaffande av all utrustning vi behöver. Med investeringar i denna storlek tror man vad man satsar på. Med facit på hand borde vi ha gjort detta tidigare, men bättre sent än aldrig.

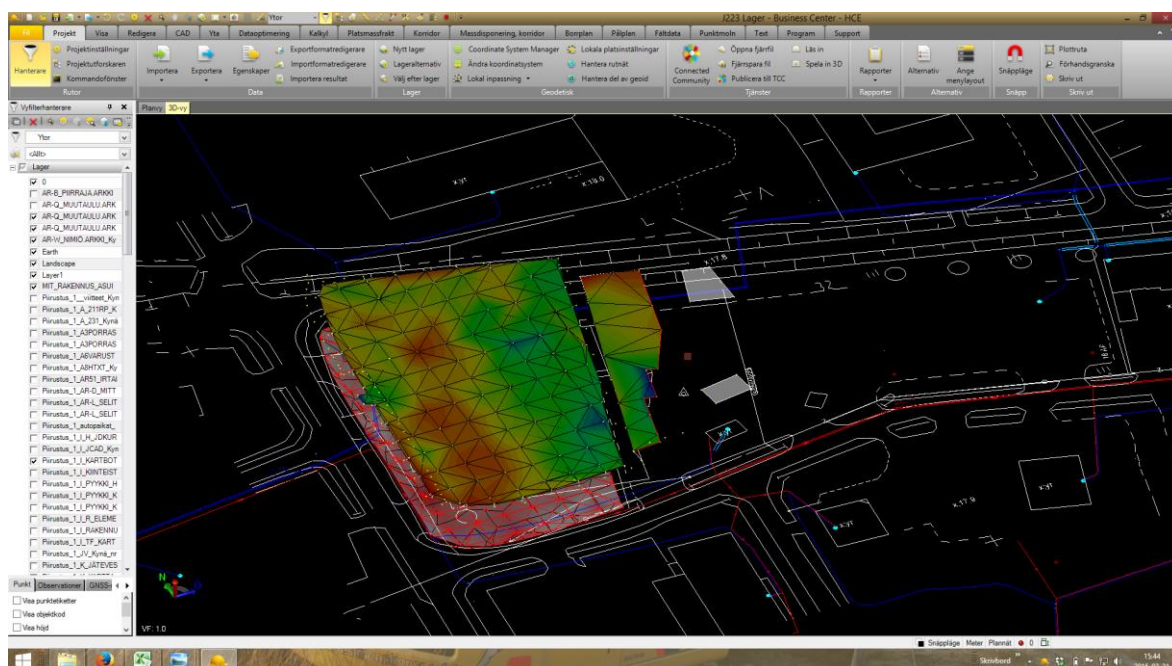
Ett så funktionerande system och gediget arbete som Markus lagt ned på detta kommer att medföra stora kostnadsbesparingar för oss i företaget, vilket tryggar vårt vidkommande.

Detta medför också att vi kan ge oss ut på nya och större marknader, vilket betyder att vi på sikt kan anställa fler personal.

Högaktningssfullt  
  
VD Robert Simons



Planvy i BC-HCE



3D-vy i BC-HCE



PointID	Northing(m)	Easting(m)	Elevation(m)	Point Code	Time-UTC (YYYY/MM/DD HH:MM:SS)
VALL1	6902666.321	526822.366	6.139		2014-10-28 06:22
VALL2	6902647.619	526787.916	6.153		2014-10-28 06:25
VALL3	6902624.626	526755.193	6.137		2014-10-28 06:25
VALL4	6902603.036	526721.247	6.119		2014-10-28 06:26
VALL5	6902580.078	526689.083	6.108		2014-10-28 06:27
VALL6	6902553.443	526659.474	6.049		2014-10-28 06:28
VALL7	6902524.851	526631.716	6.063		2014-10-28 06:29
VALL8 BRYT					
PUNT	6902511.749	526617.524	6.215		2014-10-28 06:30
VALL9	6902502.607	526598.743	6		2014-10-28 06:32
B1	6902501.909	526599.148	4.915		2014-10-28 06:59
B2	6902527.311	526629.964	4.892		2014-10-28 07:00
B3	6902555.788	526657.753	5.011		2014-10-28 07:01
B4	6902582.55	526687.523	5.164		2014-10-28 07:02
B5	6902605.664	526720.238	5.248		2014-10-28 07:02
B6	6902626.967	526753.608	5.218		2014-10-28 07:03
B7	6902650.074	526786.5	5.171		2014-10-28 07:04
B8	6902668.903	526822.248	5.289		2014-10-28 07:05



Mätpunkter på ett husbygge. Vid vägarna syns bakgrundskartan från situationsplanen. De blåa sträckan är vattenledningar för att föraren skall uppmärksamma dessa.

Projektfildata		Koordinatsystem	
Namn:	C:\Users\L.SIMONS TRANSPORT\Desktop\J220\Test 4.11.2014\Test 4.11.2014.vce	Namn:	Finnish National Grid
Storlek:	1 MB	Datum:	WGS 1984
Ändrad:	2014-11-12 15:49:05 (UTC:2)	Zon:	KKJ21 (Kaista 1)
Tidszon:	FLE, normaltid	Geoid:	FIN2000
Referensnummer:		Vertikalt datum:	
Beskrivning:			

### Analys av upphöjningens volym

#### Uppmätt upphöjning area jämfört med uppskattad grundstruktur area

Ytor	
Extra vall	Klassificering: Massaarbete utfört

Volymmer från ytgeometri	
Upphöjningens ungefärliga volym:	242.2 m <sup>3</sup>
Fördjupningens ungefärliga volym:	0.1 m <sup>3</sup>

Det här är en rapport över en upphöjnings volym, mätt mellan upphöjningens area och en yta som konstruerats från upphöjningens bas.

Obs! En del av upphöjningens yta ligger nedanför upphöjningens bas. Den rapporterade upphöjningsvolymen är bara volymen ovanför upphöjningens bas. Den rapporterade fördjupningsvolymen är volymen nedanför upphöjningens bas.

Obs! Volymerna ovan har beräknats enbart utifrån de valda ytornas geometri. Inga materialegenskaper har tillämpats för siffrorna ovan.

Datum: 2014-11-13 13:49:15	Projekt: C:\Users\L.SIMONS TRANSPORT\Desktop\J220\Test 4.11.2014\Test 4.11.2014.vce	Business Center - HCE
-------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

Projektfildata		Koordinatsystem	
Namn:	C:\Users\L.SIMONS	Namn:	Finnish National Grid
	TRANSPORT\Desktop\J223 BC\J223	Datum:	WGS 1984
	Lager.vce	Zon:	KKJ21 (Kaista 1)
Storlek:	2 MB	Geoid:	FIN2000
Ändrad:	2015-04-16 12:24:53 (UTC:3)	Vertikalt datum:	
Tidszon:	FLE, normalt看		
Referensnummer:			
Beskrivning:			

## Ytinformationsrapport

Allmänt	
Namn	Pinta
Klassificering	Oklassificerad

Nummer	
Antal hörn:	133
Antal trianglar:	220
Antal brytlinjer:	0
Antal draperingslinjer:	0

Begränsningar			
	Minimal	Maximal	Skillnad
Nordlig (X) (Meter)	6930265.251	6930394.423	129.172
Östlig (Y) (Meter)	1520032.137	1520121.615	89.478
Höjd (Meter)	17.131	18.212	1.081

Mätningar	
planimetrisk area:	8856.9 m²
Faktisk area:	8861.1 m²
Maximal lutning:	20.36%

Area efter höjd			
Minsta höjd (m)	Maximal höjd (m)	Planimetrisk ytarea (m <sup>2</sup> )	Faktisk ytarea (m <sup>2</sup> )
17.131	17.169	4.8	4.8
17.169	17.206	14.0	14.0
17.206	17.243	66.0	66.0
17.243	17.280	445.4	445.5
17.280	17.318	690.1	690.2
17.318	17.355	565.9	566.0
17.355	17.392	816.0	816.2
17.392	17.429	895.8	896.1
17.429	17.467	762.7	762.9
17.467	17.504	666.4	666.7
17.504	17.541	525.7	526.0
17.541	17.579	323.3	323.6
17.579	17.616	303.9	304.2
17.616	17.653	284.4	284.7
17.653	17.690	335.1	335.4
17.690	17.728	366.0	366.3
17.728	17.765	366.8	367.1
17.765	17.802	328.5	328.7
17.802	17.840	259.0	259.2
17.840	17.877	204.7	204.8
17.877	17.914	170.1	170.3
17.914	17.951	138.6	138.7
17.951	17.989	132.4	132.5
17.989	18.026	97.2	97.2
18.026	18.063	61.4	61.4
18.063	18.100	25.7	25.7
18.100	18.138	5.5	5.5
18.138	18.175	1.0	1.0
18.175	18.212	0.3	0.3

Area efter lutning			
Minsta lutning	Maximal lutning	Planimetrisk ytarea (m <sup>2</sup> )	Faktisk ytarea (m <sup>2</sup> )
0.00%	1.00%	1550.1	1550.1
1.00%	2.00%	2944.9	2945.3
2.00%	5.00%	3471.8	3473.4
5.00%	20.00%	882.5	884.5
20.00%	20.36%	7.6	7.8

4/2/2015 2:53:55 PM	C:\Users\L.SIMONS TRANSPORT\Desktop\J223 BC\J223 Lager.vce	Business Center - HCE
---------------------	------------------------------------------------------------------	-----------------------